



Etude Drone Espace Confiné

Décembre 2022 - CIDN NAE



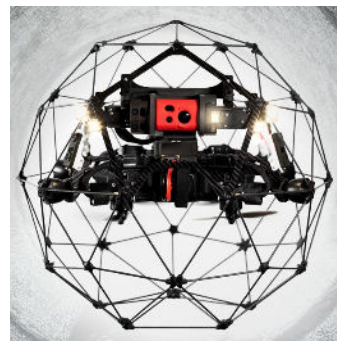
Les drones étudiés



ELIOS 3



ASIO



ELIOS 2



STEREO 2



SCOUT 137



UAV-HD



DRONUT X1

Introduction

En industrie, l'inspection des installations et des équipements est une tâche essentielle pour garantir la sécurité et la fiabilité des processus de production.

Cependant, l'inspection des structures internes de certains équipements est souvent difficile, voire impossible, sans interrompre la production ou mettre en danger la sécurité des inspecteurs.

C'est là qu'interviennent les drones d'inspection interne.

Ils sont spécialement conçus pour accéder à des zones qui le sont difficilement par d'autres moyens. Ils permettent ainsi d'effectuer des inspections précises et détaillées sans avoir besoin de démonter les équipements ou de mettre en danger les personnes.

Ils sont équipés de caméras haute résolution, de capteurs de mesure et d'autres technologies avancées pour collecter des données précises sur l'état des équipements et des structures internes.

De ce fait, ils sont régulièrement utilisés pour améliorer la sécurité en réduisant les coûts. Ils permettent de réaliser des inspections plus rapides, plus précises et plus fiables qu'avec des moyens conventionnels, tout en réduisant le risque de blessures ou d'accidents pour le personnel.

Multinnov - UAV-HD - Spécifications



Drone	
Poids	1153 g avec batterie / 784 g sans batterie
Largeur × longueur × Hauteur × diagonale	35cm × 35cm × 19 cm × 46 cm
Autonomie	13 min 30
Puissance / fréquence émission vidéo	25mW, bande 2.4ghz
Puissance LED	12000 Lumens
Caméra	4K 30Fps
Batterie	Lipo 4s 3000mAh

Radiocommande	
Herelink	Norme EU / FCC
Portée (sans obstacle)	>12km (CE) / <20km (FCC)
Liaison radio	Duplex
Autonomie	5h
Batterie	lipo 4950 milliampère recharge par USB

Écran retour vidéo	
Taille	75, 46" 16 million de couleur, tactile
Sensibilité réception	-99dbm
Mode de réception	DiverCity
Antenne	Omnidirectionnelle
Porter (en espace libre)	> 12 km (CE)/> 20 km (FCC)
Autonomie	5 heures sans batterie additionnelle
Batterie	Lipo 4950 mah recharge par USB

Multinnov - UAV-HD - Expérience

Déploiement pour des missions internes :
bacs de stockage, tuyauterie, réacteurs...

Pilotage

Avantages

- Robustesse
- Eclairage puissant

Inconvénients

- Instabilité et latence aux commandes
- Sensible au souffle des moteurs en milieu restreint / Tendance au "propwash*"



L'UAV-HD possède un éclairage puissant de 12 000 lumens permettant de bien visualiser et imager jusqu'aux plus petits défauts.



Pilotage complexe / Sensible à la poussière tant pour les capteurs que l'électronique interne. L'environnement doit être clair et vaste pour une bonne stabilité. Les fonctionnalités sont limitées et bien moins avancées que celles du stéréo 2, nouveau venu de la marque Normande. Il possède des modes basiques tels que le maintien d'altitude barométrique et un positionnement optique/lidar. Ces modes permettent de verrouiller une distance minimum au plafond ou au sol.

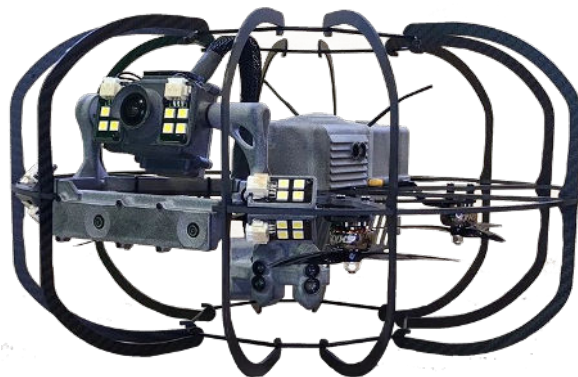
Avantages

- Qualité vidéo
- Eclairage puissant

Inconvénients

- Sensible poussière
- 10 min autonomie
- Mode de retournement

Multinnov - Stéréo 2 - Spécifications



Drone	
Poids	0.900kg 1.400kg
Largeur × longueur × Hauteur × diagonale	39 cm
Autonomie	12 min
Puissance / fréquence émission vidéo	25mW, bande 2.4ghz
Puissance LED	12000 Lumens
Caméra	4K 30Fps
Batterie	Lipo 4s 5000mAh

Radiocommande	
Herelink	Norme EU / FCC
Portée (sans obstacle)	>12km (CE) / <20km (FCC)
Liaison radio	Duplex
Autonomie	5h
Batterie	lipo 4950 milliampère recharge par USB

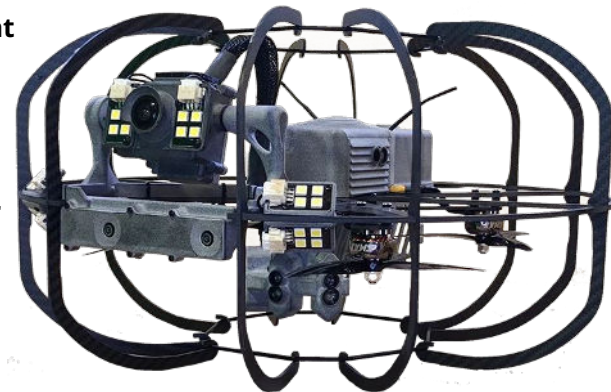
Écran retour vidéo	
Taille	75, 46" 16 million de couleur, tactile
Sensibilité réception	-99dbm
Mode de réception	DiverCity
Antenne	Omnidirectionnelle
Porter (en espace libre)	> 12 km (CE)/> 20 km (FCC)
Autonomie	5 heures sans batterie additionnelle
Batterie	Lipo 4950 mah recharge par USB

Multinnov - Stéréo 2

Grâce à ses capteurs stéréoscopiques et ses 6 caméras multibeam lidars, le stéréo 2 atteint un niveau de stabilisation remarquable dans des environnements restreints (tuyau <1m). La stabilisation reste néanmoins sensible aux chocs, sous menace de repasser temporairement en mode manuel.

Il possède plusieurs modes tels que :

- Verrouillage de distance
Ce mode consiste à choisir une distance entre le drone et la paroi. Il permet de créer une bulle autour du drone pour protéger les capteurs et limiter le risque de contact avec les parois
- Verrouillage du lacet sur une paroi
Ce mode permet d'asservir le lacet du drone pour obtenir un déplacement régulier face à une paroi. Ce type de mode peut être intéressant dans une cuve ou un bac.
- Verrouillage de la distance au plafond
Ce mode permet au drone de ne pas entrer en contact avec le toit. C'est une fonctionnalité pratique dans la cas d'un toit de forme complexe.



Avantages	Inconvénients
- Très grande stabilité	- Sensible poussière - 12 min autonomie - Mode de retournement

Multinnov - Stéréo 2 Expérience

Le Stéréo2 a été mis à l'épreuve pendant plus de 2 heures en milieu encombré avec succès.

Les différents modes récemment implémentés simplifient son utilisation et pilotage .

Il utilise le système de transmission HD Video Herelink pour le retour vidéo ainsi que pour le pilotage également utilisé pour l'Asio.

Son système d'éclairage indirect permet une meilleure qualité d'image en milieu poussiéreux.

Avec une autonomie d'environ 12 minutes, son utilisation est plutôt confortable.



FLYBOTIX - Asio - Spécifications

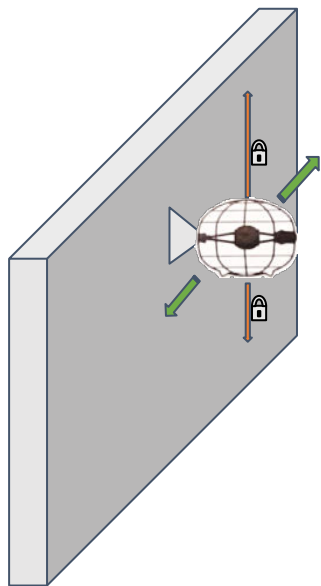
Drone	
Poids	1kg
Diamètre Hauteur	39.5 cm 29.5 cm
Autonomie	24 min
Puissance LED	10000 lumen
Caméra RGB	4k 30fps
Caméra Thermique	160x120px 9fps
Batterie	5s 3900 mah



Radiocommande	
Herelink	Norme EU / FCC
Portée (sans obstacle)	>12km (CE) / <20km (FCC)
Liaison radio	Duplex
Autonomie	5h
Batterie	lipo 4950 milliampère recharge par USB

Écran retour vidéo	
Taille	75, 46" 16 million de couleur, tactile
Sensibilité réception	-99dbm
Mode de réception	DiverCity
Antenne	Omnidirectionnelle
Porter (en espace libre)	> 12 km (CE)/> 20 km (FCC)
Autonomie	5 heures sans batterie additionnelle
Batterie	Lipo 4950 mah recharge par USB

FLYBOTIX - Asio



L'Asio possède des capteurs couvrants à 360° créant une "bulle virtuelle".

Il est d'une grande stabilité même dans un environnement poussiéreux.

Il offre trois modes de vol :

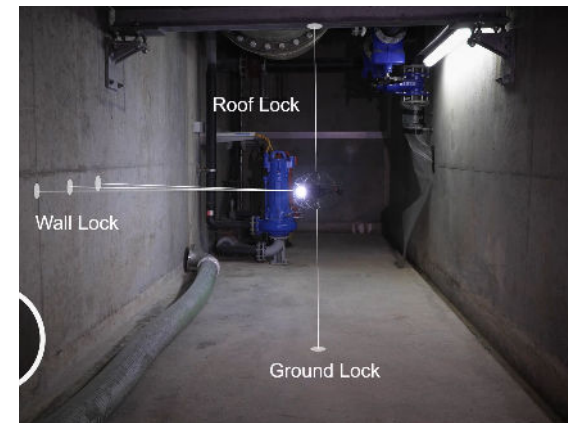
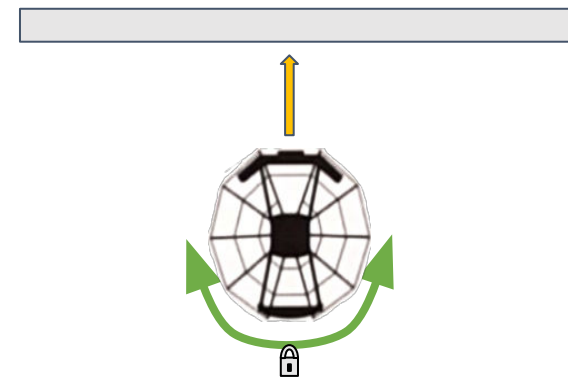
- Visual lock / stabilisation Lidar/Optique
Intérêt dans l'évitement, détection d'obstacle , répulsion

- Height Lock / Verrouillage altimétrique
permettant par exemple d'inspecter une paroi sur un plan horizontal

- Wall lock
Verrouille le drone a 90°, afin de pouvoir faire évoluer sa trajectoire sur l'axe du lacet.

→ sens d'acquisition

↑ Verrouillage de la hauteur



FLYBOTIX - Asio Experience

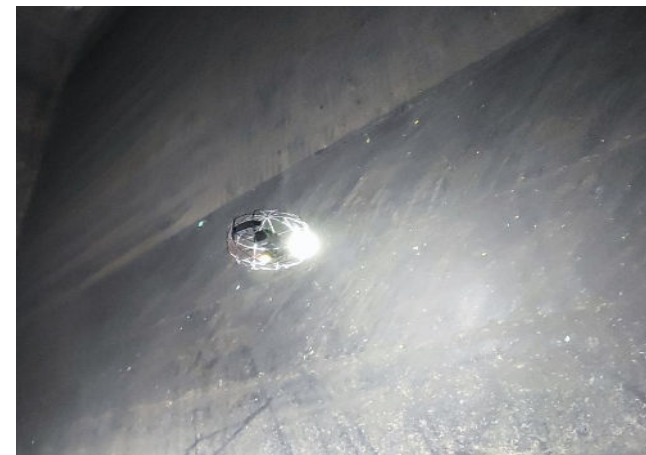
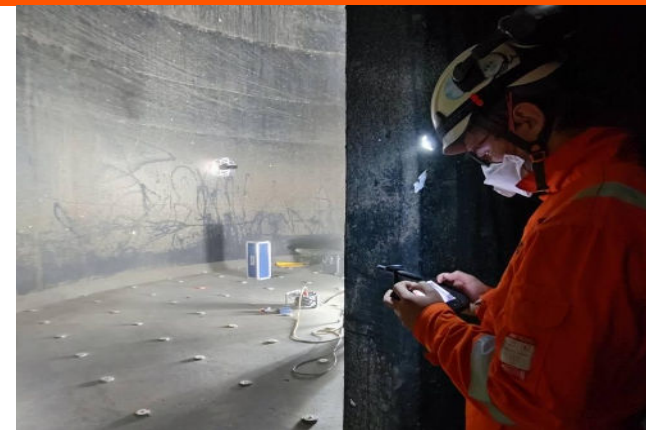
L'asio possède une stabilité remarquable dans les environnements poussiéreux et restreints.

Il est pourvu de multiples modes de navigation. Il peut par exemple effectuer le suivi d'une paroi de manière stable permettant ainsi une bonne uniformité des inspections.

Les 24 minutes d'autonomie du drone permettent de limiter le stress sur les pilotes et de diminuer le temps d'inspection.

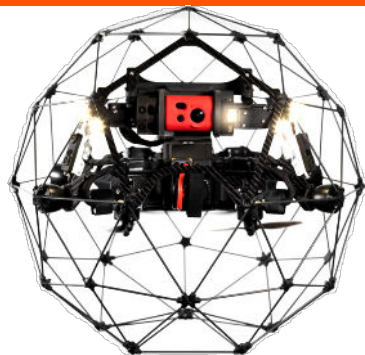
Son comportement est exemplaire en milieu restreint (tuyauterie <1m). L'utilisation de deux rotors-contrarotatifs permet de limiter les turbulences sans aucun lacet.

En cas d'arrêt dans une position inappropriée, par exemple après une chute, il possède un mode de retournement. Le drone entame un mouvement de balancier de l'avant vers l'arrière permettant un basculement complet.



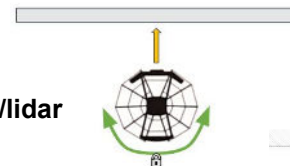
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Très grande stabilité - Grandes autonomie - Mode de retournement 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensible poussière

Flyability - Elios 2



L'Elios 2 possède deux modes de vol :

- Le mode stabilisé à l'aide de capteur visuel/lidar
- Le mode distance lock, il se verrouille à une distance choisie de la paroi

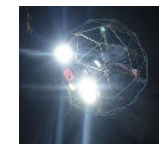


Il est aussi équipé de mode d'aide aux inspections de fissure.

Ce mode fonctionne de manière à allumer uniquement l'éclairage proche de la paroi pour créer une ombre.

Cette technique permet de pouvoir détecter plus facilement la fissure.

Le Stéréo 2 est aussi équipé d'une caméra thermique.
Elle permet notamment de détecter les points chauds.



Il embarque un éclairage puissant de 10 000 lumens.

Dans l'inspection interne, l'un des plus gros éléments perturbateurs est la poussière.
Pour cela le stéréo est équipé d'un mode d'éclairage anti-poussière

Caractéristiques

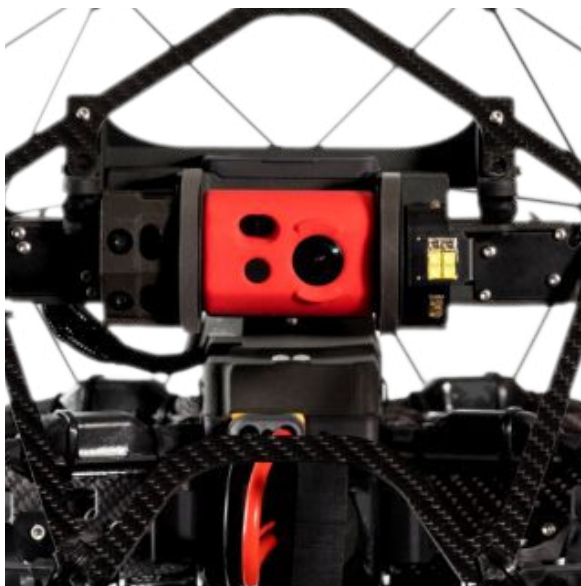
Débit vidéo	600MB/min soit 80 MB/s
Résolution vidéo	4K UHD: 3840 x 2160 30fps
Résolution photo	12MP 4000x3000
Autonomie de vol	10 minutes
Résolution à 1m	0.18 mm/px
Poids	1.56kg
Vitesse max	3 m/s
Puissance lumineuse	10 000 lumens

Flyability - Elios 2

L'elios 2 peut déterminer la taille d'une fissure ou d'un objet

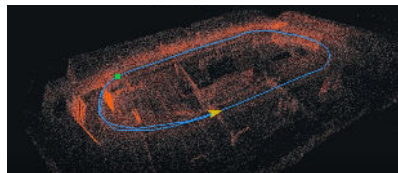
La précision de la mesure est de ~10 % de la longueur mesurée avec une précision maximale de ~5 mm.

A l'aide du logiciel de post-traitement, il est possible de mesurer la taille d'un élément sur une surface plane via une image capturée par l'Elios 2.

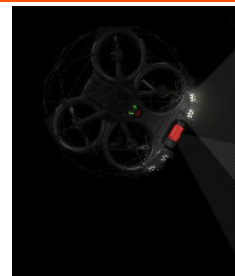


Avantages	Inconvénients
<p>Très grande stabilité Mesure d'éléments</p>	<p>10 min d'autonomie Prix élevé Pas de mode de retournement</p>

Flyability - Elios 3

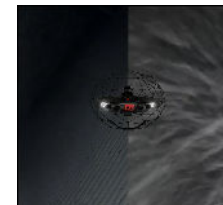


Le drone construit des cartes 3D en temps réel permettant au drone de détecter instantanément son environnement



Éclairage oblique

Détecter les piqûres, les fissures et les accumulations



Éclairage anti-poussière de 16 000 lumens

Traversez un endroit poussiéreux sans perdre de vue votre objectif

Dimensions	480x480x380mm
Poids	2350g
Résolution	4k 3840 x 2160 30fps 0.18 mm/px
Puissance lumineuse	10 000 lumens
LIDAR	Ouster OS032
Autonomie	9.1 mins (avec lidar)



Capteur 360°

ROAV7-CIDN-NAE - 2022

Avantages

- Très grande stabilité
- Mesure d'éléments
- Positionnement lidar
- Nuage de point lidar en temps réel
- Algorithme de stabilisation puissant SLAM

Inconvénients

- 9.1mn d'autonomie
- Prix élevé
- Pas de mode de retournement

info@flyability.com

Route du Lac 3

1094 Paudex

Switzerland

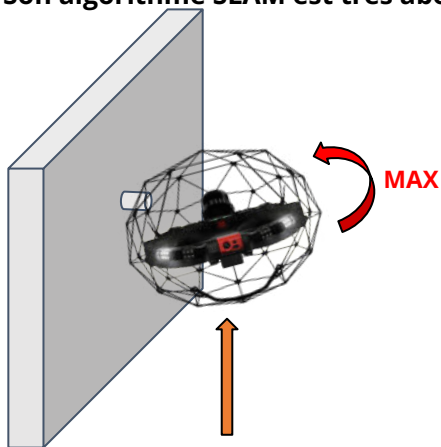
Phone: +41 21 311 55 00

Flyability - Elios 3 - Expérience

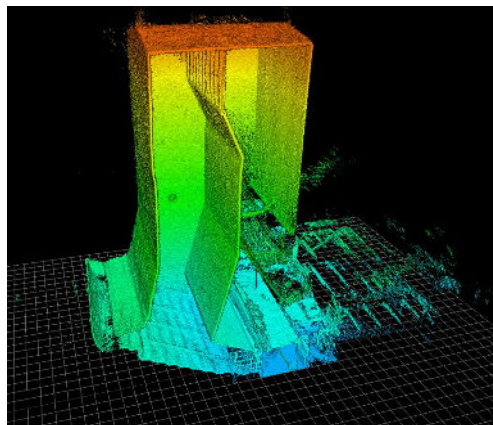
L'Elios 3 est l'un des drones le plus stable que l'on a pu tester. Les commandes sont précises et intuitives.

La carte 3D qui se crée en temps réel grâce au lidar est un gros avantage, car on y voit le trajet et les POI du drone.

Son algorithme SLAM est très abouti, notamment pour son anti-retournement.



Anti-retournement



Nuage de points



Navigation basée sur la télémétrie

CLEO - Dronut X1



Spécifications	
Dimension	6,5"x 4"
Vitesse maximale	4 m/S
Temps de vol	12 minute
Temps de charge	40 min
Maison sans fil	wifi 2.4 Ghz
Porter (en fonction de l'environnement)	300 pieds
Télécommande	Téléphone android
Caméra	caméra 4k et lidar
Résolution de flux	HD (1280x960)
Fréquence d'image	30fps
FOV	100°

Avantages	Inconvénients
<p>Très grande stabilité 12 min d'autonomie Faible prix 10 000 € Petite taille</p>	<p>Transmission wifi Pas de turtle mode Retour vidéo android</p>

SCOUTDI - Scout 137



SPÉCIFICATIONS DU CONTRÔLEUR

Dimensions	125 × 159,4 × 66 mm (L × l × H)
Poids	306g
Autonomie	Jusqu'à 23 heures

ScoutDI AS
Leirfossvegen 5D,
N-7037 Trondheim, Norway
+47 736 04 990

Drone

Distance focale	3,7 mm
Ouverture	f/2,8
FOV	Champ horizontal de 83 degrés
Angle caméra	Champ vertical de 53 degrés

SPÉCIFICATIONS DE LA TABLETTE

Dimension	170 mm x 243,5 mm x 9,9 mm (L × l × H)
Poids	653 grammes
Taille	1920 x 1200 pixel, 10 pouces
Connectivité de la station au sol	Wifi ou USB
Classement IP	IP68
Autonomie	Jusqu'à 15 heures, batterie amovible

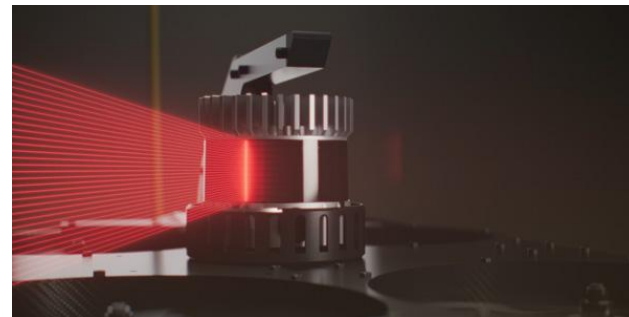
SCOUTDI - Scout 137

Le drone Scout 137 a été conçu pour éliminer le facteur autonomie de l'appareil car il est alimenté et contrôlé en permanence grâce à un câble. Ce câble transporte le retour vidéo, les commandes et alimente le système. Le drone possède ainsi une autonomie "infinie".

Ce système est particulièrement adapté à un milieu fermé métallique, là où une transmission sans fil sera parasitée par la réverbération des ondes. Le drone s'affranchit de ce problème








Avec la station au sol, il est possible de partager en direct toutes les données du drone. Cela permet aux inspecteurs de commencer leur analyse en direct et ainsi pouvoir indiquer au pilote les zones les plus importantes.


Le Scout a la possibilité de faire des POI géolocalisés.



Le lidar permet de stabiliser le drone mais également de reconstituer l'environnement sous forme d'un nuage de points. Il permet aussi de visualiser en temps réel l'environnement du drone. Ce mode de positionnement est moins impacté par la poussière qu'un système à base de caméras et fonctionne dans l'obscurité.

Comparatif - Résumé

Specs	Stabilité	Comportement dans un tuyau	Résistance au perturbation	Autonomie	Latence / Réactivité	Confort de pilotage	Mode de vol	Résolution	Prix	Commentaire
 <p>Stereó 2</p>	Capteur optique, Lidar, Algorithme de Positionnement Visuel, Baromètre, Compas	Léger effet de sol, légère turbulence	Deux caméras analysent et corrigent ses déplacements dû aux perturbations.	~12min	latence ~0,50 seconde	++	répulsion d'obstacle mur-plafond, suivi de surface	4K 30Fps 12 Mpix en photo	9500 € HT	<ul style="list-style-type: none"> -Le drone a été testé pendant ~3H -Il est très simple de prise en main -Vol en confiance même en condition complexes -Résiste bien au crash -Orientation de la caméra est gêné par la cage
 <p>Asio</p>	Capteur optique 360°, Lidar, Baromètre, Compas	Légères oscillation	Lidar optique qui analyse et corrige ses déplacements dû aux perturbations.	~24min	latence ~0,50 seconde	++	répulsion d'obstacle mur-plafond, suivi de surface, retournement	4K 30 Fps Caméra thermique : 160 x 120 px ; 9 fps	23300€	<ul style="list-style-type: none"> -Le drone a été testé pendant ~1H -La prise en main est simple, bien qu'il ai des réactions de dérive -La caméra est stabilisée et orientable sans voir la cage
 <p>UAV-HD</p>	Baromètre IMU, lidar-optique, Compas	Effet de sol, grosse turbulence	Deux capteurs lidar de positionnement	~10min	latence ~0,50 seconde	-	répulsion d'obstacle sol-plafond	4K 30Fps 12 Mpix en photo	~11000€	<ul style="list-style-type: none"> -Prise en main difficile -Très sensible à la poussière
 <p>Elios 2</p>	Capteur optique, Lidar 360°, Algorithme de Positionnement Visuel, Baromètre, Compas	Très stable, garde sa position	Importante (multiples capteurs et lidars)	~10min	latence ~0,50 seconde	+++	répulsion d'obstacle mur-plafond, suivi de surface,	4K 30 Fps Caméra thermique : 160 x 120 px ; 9 fps	~39400 €	<ul style="list-style-type: none"> -Prise en main très rapide -Confort de pilotage -Le passage dans un petit espace est facile sans réaction néfaste du drone
 <p>Dronut X1</p>	Lidar optique, Baromètre, Compas	Non testé	Importante (Caméra 4k et lidar)	~12min	latence ~0,50 seconde	+	Pas de mode de vol existants	4K	~9 100 €	<ul style="list-style-type: none"> -Très stable -Faible prix -Petite taille
 <p>Elios 3</p>	Capteur optique, Lidar 360°, Algorithme de Positionnement SLAM, Baromètre, Compas	Très stable, garde sa position	Lidar et qui analysent et corrigent ses déplacements dû aux perturbations.	12 min sans payload 9 min avec payload	NC	++++	répulsion d'obstacle mur-plafond, suivi de surface,	4K 30 Fps Caméra thermique : 160 x 120 px ; 9 fps	entre 42 900€ et 61 900€	<ul style="list-style-type: none"> -Très stable -Modélisation 3D en temps réel -Il est très simple à prendre en main -Confort de pilotage
 <p>Scout 137</p>	Capteur optique, Lidar 360°, Baromètre, Compas	Non testé	NC	∞	NC	NC	NC	4K 30fps 8.3 Megapixel	NC	<ul style="list-style-type: none"> - Très stable -Modélisation 3D en temps réel -Retransmission en direct

Specs	Stabilité	Comportement dans un tuyau	Résistance au perturbation	Autonomie	Latence / Réactivité	Confort de pilotage	Mode de vol	Résolution	Prix	Note globale
Stéréo 2 	8/10	6/10	7/10	8/10	8/10	6/10	8/10	9/10	9/10	8/10
Asio 	8/10	8/10	8/10	10/10	8/10	7/10	8/10	9/10	8/10	9/10
UAV-HD 	3/10	4/10	4/10	5/10	8/10	2/10	0/10	7/10	9/10	5/10
Elios 2 	8/10	7/10	7/10	7/10	9/10	7/10	7/10	8/10	7/10	8/10
Dronut X1 	5/10	5/10	5/10	8/10	8/10	5/10	0/10	7/10	9/10	6/10
Elios 3 	10/10	10/10	10/10	7/10	9/10	9/10	9/10	10/10	5/10	8/10
Scout 137 	10/10	NC/10	NC/10	10/10 Filaire	10/10	NC/10	8/10	10/10	NC/10	9/10*

Conclusion et Préconisation

Conclusion

En conclusion, il existe une variété de drones d'inspection interne sur le marché, chacun avec ses propres caractéristiques et avantages. Le choix du drone dépend des besoins spécifiques de chaque mission d'inspection, tels que la taille et la forme de l'espace à inspecter, la qualité de l'image requise, les fonctionnalités de vol et la durée de vol. L'inspection interne nécessite souvent des drones capables de naviguer dans des espaces confinés ou dangereux pour les humains.

Préconisation

En conclusion, notre choix s'oriente vers le drone avec l'autonomie la plus élevée. De notre point de vue, c'est un point critique lors d'une acquisition en interne.

L'ASIO de la marque Flybotix offre à la fois une autonomie raisonnable de 24 min ainsi qu'une stabilité remarquable et plusieurs modes de vol.

Il remporte de notre point de vue le meilleur rapport autonomie maniabilité, stabilité et prix.

L'Elios 3 est également bien classé par notre étude. Il offre beaucoup de fonctionnalités, telles que la modélisation de l'environnement par lidar ainsi qu'une capacité à la stabilisation très puissante.

DJI



Spécification	Données
Autonomie	30 minutes
Dimensions	171 x 245 x 62 mm
Poids Max	249g
Vitesse	15 m/s
Vent max	10.7 m/s
Navigation	Automatique, Manuel
Avionique	GPS, Altimètre, Pilote automatique, Détection d'obstacles

Il existe des cages prévues pour s'adapter directement sur des drones qui ne sont pas destinés à l'inspection interne.

Les drones DJI ne sont pas aussi manœuvrables que les drones d'inspection interne spécialement conçus et peuvent être plus difficiles à contrôler dans des environnements confinés.

On a pu expérimenter en opérations avec l'utilisation un mini 3 Pro équipé d'une cage ainsi qu'un éclairage.

Cette méthode permet d'avoir une machine avec une qualité d'image et une autonomie raisonnable.

Son principal défaut est sa stabilité. C'est capteur son optique, ils ont besoin d'une lumière

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Prix faible - Autonomie élevé - Positionnement optique - Caméra 4K 60Fps (Capteur 1 pouce) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fragile - Pas stable dans l'obscurité - Pas de mode de retournement

ROAV7 c'est :

30 Collaborateurs

Quatre départements
Commercial/Marketing,
Opération
Production et R&D

Des équipes en **Afrique**
présentes sur **six pays**

5200 vols depuis 2018

ROAV7-CIDN-NAE - 2022



1 200 heures de vol en
milieu complexe

1200 jours homme en 2022

250 projets réalisés

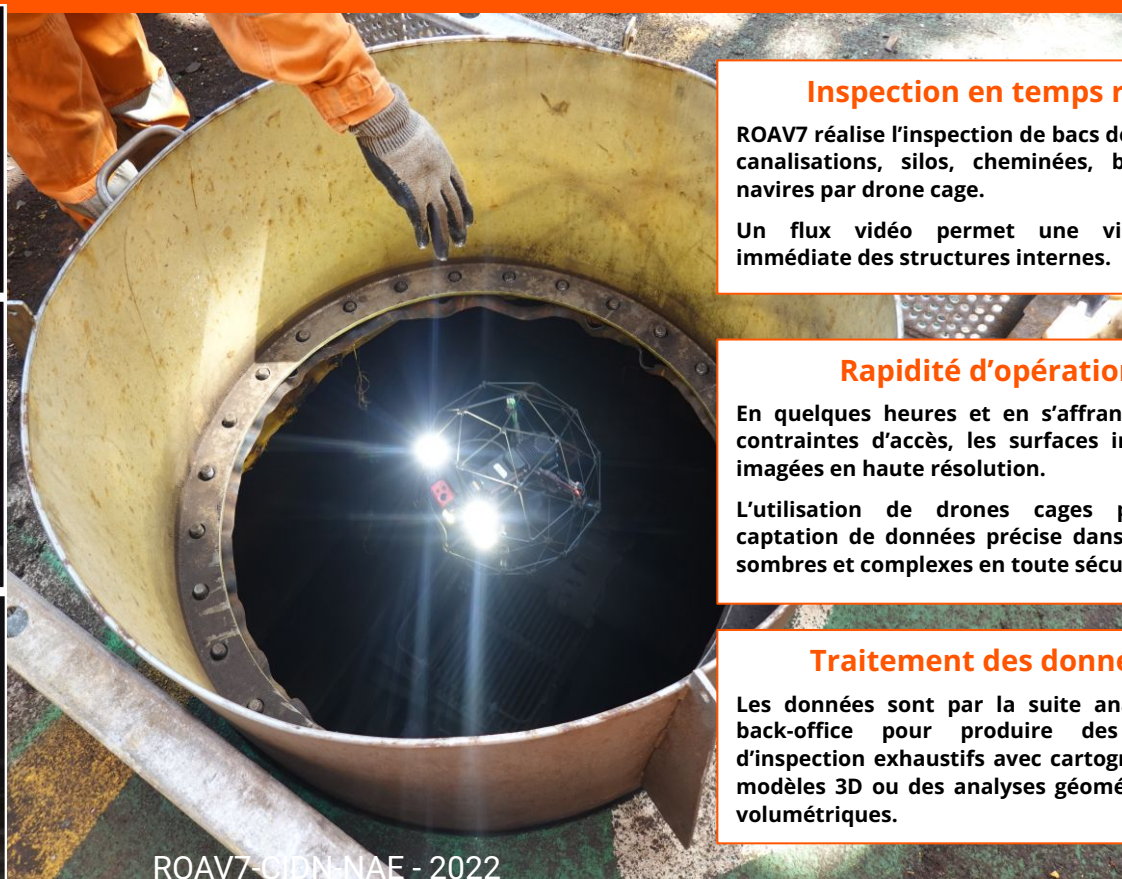
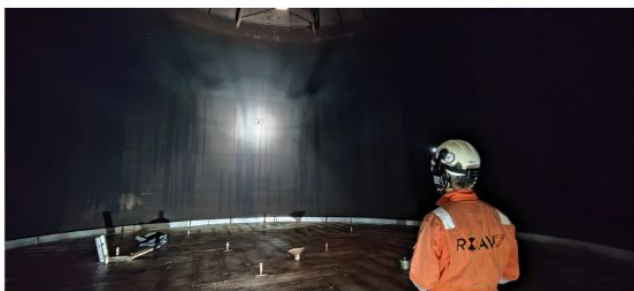
+ de 100 clients

0,1 mm = taille du plus petit
défaut détecté

Inspections internes - Quelques Expériences ROAV7

Date	Industrie	Lieu	Objet
juin 2022	Pétrochimie	France	Inspection interne de bac
Mai 2022	Raffinerie	France	Inspection de planchers/hourdis de fours
Mars 2022	Raffinerie	France	Inspection interne de FCC
Octobre 2021	Pétrochimie	France	Inspection interne de charpentes
Juin 2021	Valorisation énergétique	France	Inspection interne de four
Avril 2021	Raffinerie	Angola	Inspection de water ballast
Janvier 2021	Industrie chimique	France	Inspection de caniveau
Septembre 2020	Valorisation énergétique	France	Inspection interne de bac
février 2020	Fabrication de matériaux	France	Inspection interne d'un mélangeur
février 2020	Fabrication de matériaux	France	Inspection interne d'un haut fourneau
janvier 2020	Stockage	France	Inspection interne de bac
octobre 2019	Béton / Ciment	France	Inspection visuelle de silo béton
septembre 2019	Usine chimique	France	Inspection interne d'un bac

Inspection innovante



Inspection en temps réel

ROAV7 réalise l'inspection de bacs de stockage, canalisations, silos, cheminées, ballasts de navires par drone cage.

Un flux vidéo permet une visualisation immédiate des structures internes.

Rapidité d'opération

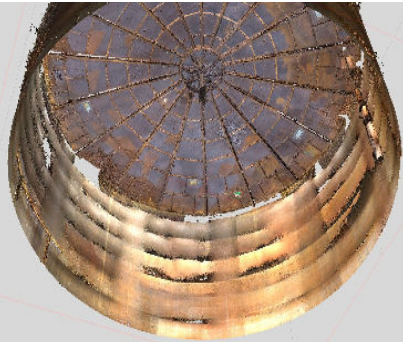
En quelques heures et en s'affranchissant des contraintes d'accès, les surfaces internes sont imagées en haute résolution.

L'utilisation de drones cages permet une captation de données précise dans des milieux sombres et complexes en toute sécurité.

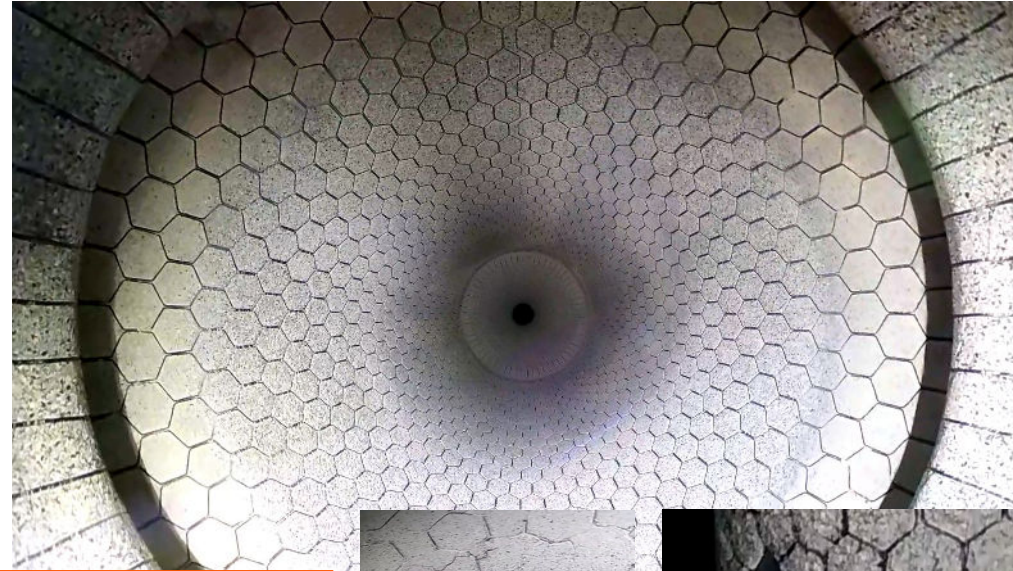
Traitement des données

Les données sont par la suite analysées en back-office pour produire des rapports d'inspection exhaustifs avec cartographie, des modèles 3D ou des analyses géométriques ou volumétriques.

Expérience ROAV7 - Livrables



*Modélisation 3D
Orthomosaïque, ici
l'intérieur d'une sphère*



Livrables

- ◆ Photos Haute Définition
- ◆ Modélisations 3D
- ◆ Cartographies de défauts
- ◆ Rapports d'inspection visuelle
- ◆ Mesures de perte d'épaisseur